

- 1. 12. 2004

PCT/EP2004/010969

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



RECD 05 JAN 2005
WIPO PCT

Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 103 48 098.6

Anmeldetag: 11. Oktober 2003

Anmelder/Inhaber: SCHOTT AG, 55122 Mainz/DE

Erstanmelder: Schott Glas, 55122 Mainz/DE

Bezeichnung: Vorrichtung und Verfahren zum Herstellen von
Rohren oder Stäben

IPC: C 03 B 17/04

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 4. November 2004
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Schäfer

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

49161
502
5V4

**Vorrichtung und Verfahren
zum Herstellen von Rohren oder Stäben**

5

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung sowie ein Verfahren zum Herstellen von Strängen im Allgemeinen und von Rohren oder Stäben im Speziellen durch Abziehen einer aushärtbaren Flüssigkeit, insbesondere einer Schmelze, aus einer Düse gemäß dem Oberbegriff der Ansprüche 1 und 25.

Stränge aus aushärtbaren Flüssigkeiten werden insbesondere zur Herstellung von Stäben oder Rohren gefertigt. Bei der Herstellung beispielsweise von Rohren aus aushärtbaren Flüssigkeiten, insbesondere bei der Herstellung von Glasrohren, kommt es je nach Anwendungsfall auf hohe Produktqualitäten an. Wichtige Qualitätsanforderungen betreffen die Einhaltung der Wanddicke sowie die Einhaltung des Außendurchmessers des Rohres. Ein weiterer wichtiger Qualitätspараметр ist darüber hinaus die Konstanz der Materialeigenschaften in axialer und radialer Richtung des Rohres. Darüber hinaus ist die Oberflächenqualität entscheidend. Gewünscht ist es, eine feuerpolierte Oberfläche ohne erkennbare Spuren zu erhalten.

Glas ist eine unterkühlte Flüssigkeit, die sich in einem amorphen, thermodynamisch metastabilen Zustand befindet.

Unter bestimmten Umständen wandelt sich nahezu jedes Glas in die entsprechende thermodynamisch stabile kristalline Form um. Die Umwandlung in die kristalline Form wird im Zusammenhang mit Glas auch als Entglasung bezeichnet.

5

Die Neigung eines Glases zur Kristallisation unterscheidet sich von Glas zu Glas jedoch stark und variiert mit dessen chemischer Zusammensetzung. Durch Variation der Zusammensetzung kann die Neigung zur Kristallisation beeinflußt werden. Gleichzeitig werden damit auch die übrigen Eigenschaften eines Glases beeinflußt, die oftmals vom Einsatzzweck des Glases bestimmt werden. Daher ist es oftmals nicht möglich, für ein Glas mit vorgegebenem physikalischen Eigenschaftsprofils eine höhere Stabilität gegen Kristallisation zu erreichen.

Die Entglasungsneigung kann mit unterschiedlichen Verfahren ermittelt werden. Üblicherweise werden Glasproben in Kontakt mit dem relevanten Formgebungsmaterial gebracht und bei verschiedenen Temperaturen unterschiedlich lange ausgelagert. Anschließend wird geprüft, bei welchen Zeit-Temperatur-Bedingungen Kristalle entstanden sowie deren Größe vermessen.

Üblicherweise wird im Hinblick auf die Kristallisation danach unterschieden, an welcher Stelle in der Probe sich die Kristalle bilden. Volumenkristallisation im Inneren der Glasprobe geschieht in der Regel deutlich verzögert gegenüber der Kristallisation an den Probenoberflächen. Die erste Kristallisation erfolgt in der Regel am Kontakt des Probenrandes mit dem Auflagematerial. Durch die gleichzeitige Anwesenheit der drei Phasen Glas, Auflage und Atmosphäre ist dort die Kristallisation begünstigt.

Oberhalb einer bestimmten Temperatur, die als obere Entglasungsgrenze (OEG) oder als Liquidustemperatur

bezeichnet wird, entstehen auch bei längerer Auslagerung keine Kristalle. Somit entspricht diese Temperatur derjenigen Temperatur, die bei der Glasverarbeitung relevant ist, um die Frage zu entscheiden, ob bei bestimmten Prozessen mit

5 Kristallisation zu rechnen ist oder nicht.

Bei Gläsern aus mehreren Komponenten existieren je nach auftretender Kristallphase und Entstehungsort in der Probe oftmals unterschiedliche Entglasungsgrenzen. Zur Beurteilung

10 ist dann die jeweils für den Prozess relevante Entglasungsgrenze zu beachten. Dies ist bei Gläsern, die in Ziehverfahren hergestellt werden, in der Regel die Kristallisation an der Dreiphasengrenze.

15 Die für die Herstellung von Glasstäben bekannten Verfahren kann man unterteilen in Gießverfahren, bei denen das flüssige Glas in geschlossene oder unten offen Gießformen gegossen wird, und in Ziehverfahren, bei denen das Glas bei der Formgebung ohne Kontakt zu einer festen Form abkühlt. Diese

20 Verfahren können diskontinuierlich oder kontinuierlich betrieben werden.

Den Gießverfahren ist gemeinsam, dass die Gläser bei hohen Temperaturen und niedrigen Viskositäten verarbeitet werden.

25 Dadurch können auch Gläser geformt werden, die zur Kristallisation neigen und somit bei der Formgebung keine längeren Aufenthaltszeiten bei vergleichsweise niedrigen Temperaturen erlauben. Derartige Verfahren sind beispielsweise in DD 154 359 beschrieben.

30 Für kleine Produktionsmengen werden in der Regel diskontinuierliche Verfahren angewandt, bei denen geschlossene Formen mit Glas gefüllt werden. Die Formen werden anschließend mitsamt dem Glas abgekühlt, bis das Glas

35 erstarrt ist und aus der Form entnommen werden kann. Das

Verfahren lässt sich auch kontinuierlich nutzen, indem die Form als unten offene, in der Regel gekühlte, Kokille ausgeführt wird. Das Glas wird flüssig in die Kokille eingefüllt, erstarrt innerhalb der Kokille und wird unten als 5 kontinuierlicher Strang abgezogen, der in Stäbe vereinzelt wird.

Vorteile dieser Verfahren ist, dass die Gläser bei sehr niedriger Viskosität gegossen werden können, da die Form der Glasstäbe während der Erstarrung von der Gießform gebildet wird. Eine Eigenstabilität des Glases während der Formgebung ist somit nicht notwendig. Diese niedrige 10 Formgebungsviskosität ermöglicht die Verarbeitung auch von Gläsern die bei langsamer Abkühlung bei höheren Viskositäten 15 zur Kristallisation neigen.

Ein Nachteil dieser Verfahren ist der in der Regel sehr begrenzte Produktionsdurchsatz. Da das Glas bei relativ hoher Temperatur in die Form eingegeben wird und erst nach der 20 Erstarrung bei niedriger Temperatur entnommen werden kann, müssen dem Glas große Wärmemengen entzogen werden, was selbst bei intensiver Kühlung der Form nur bei relativ langsamem Prozessen möglich ist. Zudem darf die Abkühlung nicht zu schnell erfolgen, da sonst der Stab entweder bereits 25 innerhalb der Form oder aufgrund der hohen thermischen Spannungen nach dem Verlassen der Form zerbricht.

Ein weiterer Nachteil entsteht durch den direkten Kontakt des Glases mit der Form während der Abkühlung. Aufgrund der 30 niedrigen Formgebungsviskosität werden selbst kleinste Strukturen innerhalb der Form auf der Staboberfläche abgebildet, sodass sich die Oberflächenstruktur der Form auf den Stab überträgt. Zusätzlich bildet sich auf der Oberfläche durch die starke Abkühlung eine charakteristische 35 Wellenstruktur.

Die Erlangung einer feuerblanken Oberfläche ist auf diese Weise nicht möglich. Somit ist ein direkter Einsatz des Stabes im Herstellungszustand beispielsweise als Halbzeug für optische Komponenten nicht möglich. Für die Nachbearbeitung der Stäbe durch Schleifen und Polieren entsteht ein hoher Aufwand sowie hohe Kosten für die Nachbearbeitung und Materialabfall.

Neben den formgebundenen Verfahren existieren weitere Verfahren, bei denen Stäbe ohne Form frei, also ohne Kontakt zu einer Form, in Gestalt eines Stranges aus einer Düse gezogen werden.

Diese Verfahren setzen voraus, dass sich das Glas ohne zu kristallisieren auf eine Temperatur abkühlen lässt, die etwa einer Viskosität von 10^6 dPa·s entspricht. Auch bei längerer Produktionsdauer darf das Glas nicht zur Kristallbildung in diesem Temperaturbereich neigen.

Ein besonders kritischer Bereich für die Kristallisation ist die Dreiphasengrenze an der Unterseite der Düse, an der das flüssige Glas, das Düsenmaterial und die umgebende Atmosphäre aneinander grenzen. In diesem Bereich kommt es bevorzugt zur Kristallbildung, da dort die Kristallbildungsenthalpie verringert ist.

Die beim Ziehen im Vergleich zur Viskosität beim Guß hohe Glasviskosität ist notwendig, damit der hohe Widerstand gegen die Dehnströmung in der "Ziehwiebel" ein zu schnelles Abfließen des Glases unter seinem Eigengewicht verhindert. Die Ziehwiebel ist der Bereich des Stranges unmittelbar im Anschluß an den in Fließrichtung letzten Kontakt zum festen Material, also insbesondere der Düse oder dem Verdrängungskörper, in dem sich eine Verjüngung des

Strangquerschnitts in Ziehrichtung ausbilden kann.

Wenn das Glas unter seinem Eigengewicht dazu tendiert,
schneller als die Abzugsgeschwindigkeit abzufließen, ist der
5 Ziehprozess instabil. Dann können keine ausreichend geraden
Stäbe gezogen werden, oder kann es sogar zu einem Abreißen
der Ziehzwiebel kommen.

10 Vorteile dieser freien Ziehverfahren sind, dass damit Stäbe
mit feuerblanken Oberflächen hergestellt werden können,
welche ohne Nachbearbeitung als Halbzeuge beispielsweise für
optische Bauteile oder Lichtleitfasern eingesetzt werden
können.

15 Darüber hinaus ermöglichen diese Verfahren einen
Produktionsdurchsatz, der oftmals über dem Doppelten der
formgebundenen Verfahren liegt und somit die Herstellkosten
deutlich vergünstigt. Derartige Düsenziehverfahren sind seit
langem bekannt, und beispielsweise beschrieben in der
20 Publikation von Günther Nölle "Technik der Glasherstellung",
ISBN 3-342-00539-4, Seite 135 ff.

Neben den Verfahren mit einfachen Auslaufdüsen existieren
Verfahren, bei denen innerhalb, der Auslaufdüse ein
25 Verdrängungskörper angeordnet ist. Dies entspricht dem
Vello-Verfahren, das zur Rohrherstellung und zur
Stabherstellung genutzt werden kann.

Der zentrale Verdrängungskörper, der üblicherweise bündig mit
30 der Unterkante der Düse eingesetzt wird, erhöht den
Strömungswiderstand in der Düse und ermöglicht so größere
Ziehverhältnisse, was sich positiv auf die Stabilität des
Ziehprozesses auswirkt. Dadurch werden geringfügig höhere
Temperaturen an der Unterkante von Düse und
35 Verdrängungskörper möglich.

Die Anwendbarkeit der freien Ziehverfahren ist dennoch auf Gläser beschränkt, die im benötigten Temperatur-Viskositätsbereich auch über längere Zeit nicht zur Entglasung und Kristallbildung neigen. Damit ist die Auswahl der für diese Formgebungsverfahren in Frage kommenden Gläser sehr begrenzt. Bei einer Reihe von Gläsern, die gerade noch mit diesen Verfahren herstellbar sind, treten nach einiger Zeit Kristalle auf, so dass die Produktion unterbrochen werden muss, um das Formgebungssystem bei höherer Temperatur wieder kristallfrei zu bekommen. Diese führt zu regelmäßig auftretenden Produktionsstillstandszeiten und -ausfällen.

Für andere Bereiche der Glasformgebung werden Verfahren zur Herstellung von Flachglas mit hohen Oberflächenqualitäten beschrieben, so zum Beispiel in DE 100 64 977. Ziel des in DE 100 64 977 beschriebenen Verfahrens ist es, ein Ausheilen von Abweichungen von der idealen Oberflächenkontur zu ermöglichen.

Um hohe Ebenheiten des Flachglases zu erreichen, wird das Glas während der Herstellung möglichst lange bei einer geringen Viskosität gehalten, damit Abweichungen von der idealen Oberflächenkontur aufgrund der Oberflächenspannungen ausheilen können. Dies geschieht beim Herabfließen auf der Oberfläche des dort eingesetzten Verdrängungskörpers. Entsprechend soll das Glas auf dem Verdrängungskörper möglichst nicht abkühlen, um die geringe Viskosität beizubehalten.

Unterhalb des Endes des Verdrängungskörpers findet eine extrem rasche Abkühlung statt, wodurch das Glasband stabil abgezogen werden kann. Diese rasche Abkühlung ist jedoch nur bei den in DE 100 64 977 beschriebenen dünnen Glasbandstärken

unter 3 mm möglich, bei denen sich nur eine sehr geringe Glasmasse im Bereich der Ziehzwiebel befindet.

5 Im Falle von Glasstäben oder -rohren, deren Durchmesser bei Stäben über 15 mm, üblicherweise sogar über 25 mm, bzw. bei Rohren, deren Wandstärke über 5mm liegt, ist diese rasche Auskühlung des Glases unmittelbar unterhalb der Ziehzwiebel nicht möglich.

10 Bei in letzter Zeit neu entwickelten Gläsern mit zunehmenden Anforderungen steigt die Kristallisationsanfälligkeit.

Gleichzeitig besteht der Wunsch, auch derartige Gläser "frei" ziehen zu können, um den hohen Produktionsdurchsatz und Stäbe oder Rohre mit guter Oberflächenbeschaffenheit zu erhalten.

15 Zur Herstellung von Glasröhren sind sogenannte Down-Draw-Verfahren und das Vello-Verfahren bekannt. Das Vello-Verfahren ist ein spezielles Vertikalziehverfahren für Glasröhren, bei dem aus einer Ringdüse eine Schmelze nach unten abgezogen wird und dann in die Horizontale umgelenkt wird. Dadurch entsteht ein Rohr aus flüssigem Glas, das im weiteren Verlauf des Verfahrens aushärtet.

20
25 Die Glasschmelze wird der Düse üblicherweise über einen Speiserkanal zugeführt. In diesem Speiserkanal befindet sich am Boden eine zylindrische Öffnung mit der Ringdüse, durch die Glasschmelze über einen Vertikalkegel ausfließen kann. Der Vertikalkegel kann insbesondere in der Höhe verstellbar und nach unten trichterförmig erweitert ausgeführt sein.

30
35 Der Kegel ist hohl und mit einem Verlängerungsrohr an eine Quelle für die sogenannten Blasluft angeschlossen. Durch die Blasluft, die in das Innere des sich an der Ringdüse bildenden Rohres aus flüssigem Glas eingebracht wird, wird das gewünschte Aussendurchmesser-Wandstärken-Verhältnis

eingestellt. Das Rohr wird dann nach unten in einem temperaturgeregelten Schacht abgezogen. Im Anschluss daran kann das Rohr frei hängend oder mit Hilfe einer Führung in die Horizontale umgelenkt und von einer Ziehmaschine weiter abgezogen werden.

Die Down-Draw-Verfahren unterscheiden sich vom Vello-Verfahren dadurch, dass das Rohr nicht in die Horizontale umgelenkt wird, sondern direkt vertikal nach unten abgezogen wird.

10

Bei den genannten Verfahren besteht das Formgebungswerkzeug zum Herstellen des Rohres im Wesentlichen aus einer kreisförmigen Düse, in die eine zylindrische oder kegelförmige Nadel weitgehend konzentrisch eingesetzt ist. Aus dem Ringspalt zwischen Nadel und Düsenrand fließt die Glasschmelze senkrecht nach unten aus, so dass sich unter der Nadel ein hohler Glasstrang bildet. Dieser wird kontrolliert abgekühlt und schließlich in einem Abstand von der Düse von einer Ziehmaschine als Rohr kontinuierlich abgezogen.

15

20

25

Außendurchmesser und Wandstärke der auf diese Weise hergestellten Rohre lassen sich durch geeignete Einstellung des Glasdurchsatzes, der Ziehgeschwindigkeit und der Nadelposition in der Düse einstellen. Durch Erzeugen einer Druckdifferenz zwischen dem Rohrinneren und der Umgebung des Rohres lässt sich das Spektrum der erreichbaren Außendurchmessern und Wandstärken deutlich vergrößern.

30

Die genannten Verfahren haben jedoch den Nachteil, dass der viskose Glasstrang bei niedrigen Viskositäten unter seinem Eigengewicht dazu tendiert, schneller abzufließen als er von der Ziehmaschine abgezogen wird, dadurch entstehen unakzeptable Schwankungen in der Geometrie des Glasstranges.

35

Dies bedeutet, dass die bekannten Verfahren den Nachteil haben, dass sich die geforderte hohe Produktqualität unterhalb einer bestimmten Glasviskosität nicht zuverlässig einhalten lässt. Dadurch wird die stabile Produktion einer möglichst präzisen Rohrgeometrie verhindert.

Eine mögliche Gegenmaßnahme ist das Erhöhen der Ziehgeschwindigkeit. Diese Maßnahme ist aufgrund der Massenerhaltung allerdings dadurch eingeschränkt, dass der Glasdurchsatz dann ebenfalls erhöht werden muss, um die Rohrgeometrie konstant zu halten. Der Glasdurchsatz ist jedoch aufgrund der vorangehenden beziehungsweise nachfolgenden Prozessschritte, des Einschmelzens, des Läuterns, des Homogenisierens beziehungsweise des Kühlens und des Schneidens des Glases limitiert.

Neben dem Erhöhen der Ziehgeschwindigkeit kann durch Ziehen bei niedrigeren Temperaturen, das heißt höheren Glasviskositäten, die Geschwindigkeitsdifferenz zwischen dem Abfließen des Glasstranges unter seinem Eigengewicht und der Abziehgeschwindigkeit verkleinert werden. Wird die Temperatur jedoch deutlich abgesenkt, kann es zur Kristallbildung in der Glasschmelze kommen. Durch die Kristallbildung wird die Homogenität des Glasrohres insbesondere im Hinblick auf die Produkteigenschaften äußerst nachteilig beeinflusst. Gefährdet sind dabei insbesondere die Dreiphasengrenzen zwischen Glas, Luft und Düsen- beziehungsweise Nadelmaterial.

Bei der Herstellung von Glasrohren durch Abziehen in der oben beschriebenen Weise können zudem kleine Wellen auf der freien Oberfläche der Glasschmelze beim Abziehen aus der Düse entstehen. Wird die Glasviskosität durch Erniedrigen der Temperatur erhöht, heilen diese kleinen Wellen auf der freien Glasoberfläche deutlich langsamer aus. Das bedeutet, dass

durch das Ziehen bei niedrigeren Temperaturen, also höheren Glasviskositäten, neben der Kristallbildung auch eine deutlich schlechtere Oberflächenqualität und Wandstärkenkonstanz des Glasrohres in Kauf genommen werden muss.

Ziel der Erfindung ist es daher, ein Verfahren bereitzustellen, mit dem aushärtbare Flüssigkeiten, insbesondere Gläser, die im Temperatur-/Viskositätsbereich des üblichen freien Stab- oder Rohrzuges zur Kristallbildung neigen, kostengünstig über längere Zeit ohne durch Kristallisation bedingte Produktionsunterbrechungen kontinuierlich als Stäbe oder Rohre mit feuerblanken Oberflächen hergestellt werden können.

Aus den oben beschriebenen Umständen ergibt sich daher die Aufgabe der Erfindung, eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Verfügung zu stellen, mit denen eine stabile Produktion eines Stranges aus einer viskosen aushärtbaren Flüssigkeit mit präziser Geometrie und hoher Oberflächenqualität möglich ist.

Mit dem Begriff "Strang" werden Körper bezeichnet, die bei grundsätzlich beliebigem Querschnitt in einer im Vergleich zu dessen Abmessungen großen Ausdehnung in einer Richtung senkrecht zu diesem Querschnitt hergestellt werden und aus einer aushärtbaren Flüssigkeit-bestehen können. Das Material kann bereits fest sein, kann aber auch teilweise ausgehärtet sein oder noch flüssig sein.

Insbesondere kann aus dem Strang zumindest ein Stab gefertigt werden. Der Strang kann hohl sein, so dass aus dem Strang zumindest ein Rohr gefertigt werden kann. Mehrere Rohre oder Stäbe können als Abschnitte des Stranges hergestellt werden.

Mit den Begriffen "Rohr" oder "Stab" werden Körper bezeichnet, welche einen kreisförmigen, ovalen, elliptischen oder polygonen Querschnitt in einer Ebene senkrecht zu ihrer Längsachse aufweisen.

5

Es ist eine weitere Aufgabe der Erfindung, die Produkt- und Betriebsparameter frei wählen zu können und dabei im Wesentlichen keinen Einfluss auf den vorbestimmten Durchsatz zu nehmen, so dass der Durchsatz weiterhin als unabhängiger Parameter zur Verfügung steht.

10

Dazu soll insbesondere die Kristallbildung in der viskosen Flüssigkeit, insbesondere in Glasschmelzen weitgehend ausgeschlossen werden. Zudem ist es eine Aufgabe der 15 Erfindung, das Ausheilen von Unregelmäßigkeiten, insbesondere von kleinen Wellen auf der freien Oberfläche der Glasschmelze bei der Entstehung des Stranges zu begünstigen.

20

Gelöst werden diese Aufgaben auf höchst überraschend einfache Weise bereits durch eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 1. Ferner ist in Anspruch 31 ein Verfahren angegeben, welches die oben beschriebenen Aufgaben löst. Vorteilhafte Weiterbildungen finden sich in den jeweils zugeordneten Unteransprüchen.

25

Die erfindungsgemäße Lösung stellt damit erstmals eine Vorrichtung zum Herstellen von Rohren durch Abziehen von aushärtbaren Flüssigkeiten, insbesondere von Schmelzen aus einer Düse in einer Abziehrichtung zur Verfügung, welche 30 zumindest einen Verdrängungskörper aufweist, der derart in der Düse angeordnet werden kann, dass er in Abziehrichtung aus der Düse herausragt. Der Verdrängungskörper dient dabei einerseits der Erhöhung des Strömungswiderstandes innerhalb der Düse und andererseits der Stabilisierung der 35 Strömungsrichtung und der kontrollierten Abkühlung des

Materials nach Verlassen der Düse.

Die Erfinder haben erkannt, dass eine stabile Produktion einer möglichst präzisen Rohrgeometrie überraschenderweise bereits dadurch sichergestellt werden kann, dass der freie Glasstrang vom Ende des Verdrängungskörpers bis zur Ziehmaschine unter Zugspannung steht. Diese Zugspannung muss über die gesamte Länge des Stranges stabil gehalten werden können.

Die Zugspannung innerhalb des Strangs ergibt sich im wesentlichen aus der Differenz der Zugkraft infolge des Abziehens und der auf den Strang wirkenden Gewichtskraft. Die Zugkraft wird durch den viskosen Widerstand gegenüber der Dehnströmung in der Ziehwiebel übertragen. Die zur Erzielung eines ausreichenden viskosen Widerstands erforderliche, niedrige Glastemperatur in der Ziehwiebel kann bei der erfindungsgemäßen Lösung durch die kontrollierte Abkühlung während der Strömung auf bzw. um den Verdrängungskörper eingestellt werden.

Mit der Vorrichtung, welche den Verdrängungskörper umfasst, wird vorteilhafterweise ein Ziehwerkzeug zur Verfügung gestellt, das so ausgelegt ist, dass im wesentlichen an allen Stellen, an denen sich eine Dreiphasengrenze zwischen aushärtbarer Flüssigkeit, Werkstoff der Düse und dem Umgebungsgas bildet, die Temperatur oberhalb der oberen Entglasungsgrenze liegt. Mit dem Begriff "Verdrängungskörper" wird das Teil der Vorrichtung bezeichnet, auf dessen Oberfläche die aushärtbare Flüssigkeit abläuft, wobei das Ausbilden einer Dreiphasengrenzfläche im kristallisationskritischen Temperaturbereich vollständig vermieden wird.

Da die Filmströmung auf dem Verdrängungskörper aufgrund der Haftbedingung sehr langsam ist, kann das Glas bereits auf einer relativ kurzen Strecke stark abgekühlt werden.

5

Üblicherweise ist die kritische Stelle im Hinblick auf das Kristallisieren der aushärtbaren Flüssigkeit die Unterkante der Düse, da dort oft vergleichsweise niedrige Temperaturen vorliegen. Kristallisationskritische Gläser besitzen bei der 10 diesen Temperaturen ihrer oberen Entglasungsgrenze jedoch zu geringe Viskositäten, um frei gezogen zu werden. Die sich ausbildende Ziehzwiebel würde nicht mehr durch die viskosen Kräfte innerhalb des Glases gehalten werden, deswegen 15 instabil werden und schließlich durch ihr Eigengewicht abreißen.

Indem ein Verdrängungskörper vorgesehen wird, welcher in Abziehrichtung aus der Düse herausragt, kann der Bereich der Dreiphasengrenzlinie und der Bereich des Ablösens des

20 Stranges von der Vorrichtung entkoppelt werden. Das bedeutet, im Bereich der Dreiphasengrenzlinie des ersten Kontaktes der aushärtbaren Flüssigkeit mit dem Umgebungsgas während des Ziehens in der Abziehrichtung kann die Temperatur hoch und die Viskosität niedrig gehalten werden. Im Bereich des 25 Ablösens des Stranges von der Vorrichtung, also von der unteren Begrenzung des Verdrängungskörpers, kann die Temperatur niedriger und die Viskosität daher höher gewählt 30 werden.

Die Erfindung ermöglicht damit vorteilhafterweise gleichzeitig die Verarbeitung von Gläsern bei einer ausreichend hohen Viskosität im Bereich der Ziehzwiebel, wobei dennoch die Temperatur an der Dreiphasengrenzfläche oberhalb der oberen Entglasungstemperatur liegen kann.

Die Erfindung sieht vorteilhafterweise vor, dass der Verdrängungskörper in axialer Richtung um zumindest die Hälfte der kürzesten Abmessung seines Querschnitts aus der 5 Düse herausragt, um einen möglichst großen Bereich für die Entkopplung des Bereiches der Dreiphasengrenzlinie und des Bereiches des Ablösens des Stranges von der Vorrichtung zur Verfügung zu stellen, und gleichzeitig eine ausreichende Stabilität der Anordnung zu gewährleisten. Im Allgemeinen kann der Verdrängungskörper beliebige Geometrien aufweisen. 10 Im Fall eines kreisförmigen Querschnitts ragt der Verdrängungskörper erfindungsgemäß beispielsweise um zumindest eine Länge, welche seinem halben Durchmesser entspricht, aus der Düse heraus.

15 Um eine möglichst homogene Ablösung des Stranges von dem Verdrängungskörper zu ermöglichen, kann die außerhalb der Düse angeordnete Begrenzung des Verdrängungskörpers (16, 25) in einer nahezu punktförmigen Spitze oder einer angespitzten 20 Kante enden.

Des Weiteren sieht die Erfindung vor, dass die Düse einen Außenmantel umfaßt, dessen mit dem Strang in Kontakt stehende Begrenzung derart ausgebildet ist, dass die Ablösung des 25 Stranges von der Düse an einer definierten Abrisskante erfolgt. Dadurch wird Kristallisation an der Dreiphasengrenzfläche nach den Erkenntnissen der Erfinder vorteilhafterweise noch weiter vermindert.

30 In einer Ausführungsform der Erfindung kann die mit dem Strang in Kontakt stehende Begrenzung des Außenmantels der Düse ein Material aufweisen, das von der aushärtbaren Flüssigkeit schlecht, bevorzugt nicht benetzt wird. Somit ist die Wahrscheinlichkeit zur Kristallbildung gering, da die 35 Aufenthaltszeit bei schlechter Benetzung des Materials durch

die aushärtbare Flüssigkeit im Bereich hoher Keimbildungsraten, nämlich insbesondere im Bereich der Dreiphasengrenzfläche verkürzt wird.

5 In einer vorteilhaften Weiterbildung kann gemäß der Erfindung die mit dem Strang in Kontakt stehende Begrenzung des Außenmantels der Düse mikrostrukturiert sein. Diese Mikrostruktur kann beispielsweise nach dem sogenannten Lotos-Effekt die Benetzung derart beeinflussen, dass die aushärtbare Flüssigkeit insbesondere in dem Bereich, in dem das Ablösen des Stranges von der Düse erfolgt, das Düsenmaterial nahezu nicht benetzt.

10 Um den Verdrängungskörper in der Düse positionieren zu können, können Verbindungselemente zum Verbinden des Verdrängungskörpers mit der Düse vorgesehen sein. Insbesondere im Hinblick auf eine möglichst geringe Beeinflussung des Strömungswiderstandes durch die Verbindungselemente ist gemäß der Erfindung der 15 Verdrängungskörper von oben mit der Düse verbunden. Bevorzugt erfolgt die Positionierung des Verdrängerkörpers jedoch variabel innerhalb der Düse, beispielsweise über eine nach oben herausgeführte Halterung, sodass die horizontale und vertikale Position des Verdrängerkörpers im Betrieb verstellt 20 werden können. Damit ist eine Anpassung an Produktions- und Materialschwankungen möglich.

Der Verdrängungskörper kann gemäß der Erfindung innerhalb des Außenmantels der Düse angeordnet werden kann. Mit dieser 25 Ausführungsform der Erfindung wird die Herstellung von Stäben ermöglicht..

Der Verdrängungskörper kann gemäß der Erfindung auch einen inneren, gegenüber der umgebenden aushärtbaren Flüssigkeit

offenen Hohlkörper umfassen, welcher zwischen dem Außenmantel der Düse und einer Nadel angeordnet werden kann. Mit dieser Ausführungsform der Erfindung wird die Herstellung von Rohren ermöglicht.

5

Durch einen zwischen dem Außenmantel und der Nadel in der Düse positionierten offenen Hohlkörper werden auf einfache Weise zwei Kontaktflächen, nämlich die Innenfläche sowie die Außenfläche des Hohlkörpers zur Verfügung gestellt, an denen die aushärtbare Flüssigkeit nach dem Austritt aus der Düse haftet und dabei eine Reibungskraft erfährt.

10

Nach dem Austreten aus der Düse liegen sowohl die Innenfläche des zu fertigenden Rohres als auch dessen Außenfläche frei, das heißt ohne direkten Kontakt mit festen Wänden.

15

Unebenheiten auf den Oberflächen können dadurch auf der Innen- und Außenwandung des Rohres gleichermaßen gut ausheilen.

20

Die Erfindung sieht des Weiteren vor, dass die Düse einen zylindrischen Außenmantel aufweisen kann, um Rohre beziehungsweise Stäbe mit einem Kreisquerschnitt herstellen zu können.

25

Der Verdrängungskörper (16, 25) und/oder die Nadel können gemäß der Erfindung vorteilhafterweise ebenfalls zylindrisch ausgeführt sein. Gemäß einer Ausführungsform ist der Verdrängungskörper koaxial zur Düse und/oder zur Nadel angeordnet.

30

Die Erfindung bietet vorteilhafterweise die Möglichkeit, je nach Anforderungen an die Qualität der inneren Oberfläche des Rohres und/oder der äußeren Oberfläche des Rohres oder des Stranges einen jeweils optimal geometrisch angepassten Verdrängungskörper zur Verfügung zu stellen.

35

Aufgrund der Reibung an dem Verdrängungskörper ist die Geschwindigkeit nach dem Austritt aus der Düse wesentlich geringer als im freien Strang bei den herkömmlichen
5 Verfahren, solange die Flüssigkeit noch Kontakt zum Verdrängerkörper hat.

Während der Verweilzeit der aushärtbaren Flüssigkeit auf dem Verdrängungskörper kann die Flüssigkeit zwischen dem
10 Düsenaustritt und dem Ende des Verdrängungskörpers abkühlen. Insbesondere kann die Temperatur der Flüssigkeit an der Düse so hoch gehalten werden, dass es nicht zu einer Kristallisation, beispielsweise an der Dreiphasengrenzlinie, kommt. Gleichzeitig wird dennoch am unteren Ende der
15 Einrichtung eine so hohe Viskosität eingestellt, dass der freie Strang überall unter Zugspannung steht.

Durch die Erfindung ist somit vorteilhafterweise ein kristallisatonsfreier und stabiler Ziehprozess ermöglicht.
20 Darüber hinaus bietet die Erfindung den Vorteil, dass während der langsamem Strömung auf dem Verdrängungskörper Unebenheiten in den freien Glasoberflächen insbesondere durch Oberflächenspannungseffekte ausheilen können.
25 Die Erfindung bietet damit den großen Vorteil, Rohre und Stäbe mit verbesserter Oberflächenqualität herstellen zu können.

Mit Hilfe des erfindungsgemäßen Verdrängungskörpers erhält
30 man einen weiteren Parameter zur Steuerung des Durchsatzes der aushärtbaren Flüssigkeit unabhängig von der Temperatur. Die Temperatur und damit die Viskosität des Stranges kann bei geeigneter geometrischer Auslegung und Einstellung auf Werte eingestellt werden, die bei einem Ziehverfahren ohne
35 Verdrängerkörper keine stabile Prozessführung erlauben

würden, während gleichzeitig der gleiche Durchsatz wie beim Verfahren ohne Verdrängerkörper eingestellt werden kann.

In einer vorteilhaften Weiterbildung ist daher vorgesehen,
5 dass die Abmessungen des Verdrängungskörpers und der Düse in einer Ebene senkrecht zu ihren Längsachsen derart aufeinander abgestimmt sind, dass der Strömungswiderstand des Spalts zwischen Düse und Verdrängungskörper bei der gegebenen Viskosität der aushärtbaren Flüssigkeit einen vorbestimmmbaren
10 Durchsatz erlaubt.

Die Erfindung sieht des Weiteren vor, dass der Verdrängungskörper derart ausgebildet sein kann, dass seine Abmessungen in einer Ebene senkrecht zu seiner Längsachsen
15 nicht konstant sind. Vorzugsweise kann der Spalt der Düse durch Verstellen des Verdrängungskörpers variiert werden, um den Durchsatz an die Produktionsanforderungen anzupassen.

Auf die genannten Parameter kann erfindungsgemäß auch über
20 eine Einrichtung zum Einstellen und/oder Steuern und/oder Regeln des Durchsatzes der aushärtbaren Flüssigkeit Einfluss genommen werden. Der Durchsatz der aushärtbaren Flüssigkeit entspricht dabei dem Durchsatz des Stranges und damit der Produktionsgeschwindigkeit. Durch das Einstellen und/oder
25 Steuern und/oder Regeln des Durchsatzes der aushärtbaren Flüssigkeit wird auf einfache Weise eine Anpassung an vor- oder nachgeschaltete Komponenten der Gesamtanlage möglich.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung sieht des Weiteren eine
30 Einrichtung zum Temperieren des Außenmantels und/oder des Verdrängungskörpers vor. Dadurch kann vorteilhafterweise auch der Strang und insbesondere der aus der Düse ragende Teil des Verdrängerkörpers sowie die Ziehzwiebel temperiert werden.

Als eine solche Einrichtung kann insbesondere eine Muffel vorgesehen sein, welche unterhalb der Düse angeordnet werden kann. Durch das Temperieren der genannten Komponenten kann vorteilhafterweise die Viskosität der Flüssigkeit in diesem
5 Bereich beeinflusst werden.

Außer über eine umgebende Muffel kann der Verdrängungskörper und insbesondere der unterhalb der Düse herausragende Teil des Verdrängungskörpers, beispielsweise zusätzlich zur
10 Temperierung über die Muffel, auf andere Weise temperiert werden. Beispielsweise kann dafür eine direkte elektrische Beheizung oder eine kontaktlose induktive Beheizung vorgesehen sein. Dadurch kann die Temperatur insbesondere des unteren Teils des Verdrängungskörpers gezielt eingestellt
15 werden. Insbesondere ist eine Temperierung des Verdrängungskörpers unabhängig von der Muffeltemperatur, die sich im wesentlichen auf die Temperatur des Belags an aushärtbarer Flüssigkeit auf dem Verdrängungskörper auswirkt,
möglich.

20 Die Einrichtung zum Temperieren umfasst erfindungsgemäß zumindest ein Temperierelement, dessen Position variabel einstellbar ist. Damit bietet die Erfindung vorteilhaftweise die Möglichkeit, die Temperatur der
25 aushärtbaren Flüssigkeit und/oder des Stranges örtlich gezielt zu verändern.

Insbesondere kann die Einrichtung zum Temperieren zumindest zwei voneinander unabhängige Temperierelemente umfassen.
30 Dadurch ermöglicht es die Erfindung, einen in Umfangs- und Ziehrichtung segmentartigen Aufbau der Vorrichtung zu realisieren, so dass ein gewünschtes Temperaturprofil, insbesondere zum Einstellen einer vorbestimmten Abkühl- und/oder Aufheizkinetik möglich wird.

Um das gewünschte Temperaturprofil an sich ändernde Stoff- und Betriebsparameter anpassen zu können, sieht die Erfindung vorteilhafte Weise eine Einrichtung zum Einstellen und/oder Steuern und/oder Regeln der Temperatur des Außenmantels und/oder des Verdrängungskörpers vor. Dabei kann insbesondere in Abhängigkeit von der Temperatur des Stranges, insbesondere im Bereich der Ziehzwiebel, auf das Temperaturprofil Einfluß genommen werden.

Um vorteilhafte Weise eine zusätzliche Kühlung des Stranges bereitzustellen, umfaßt die Vorrichtung in einer vorteilhaften Weiterbildung eine Einrichtung zum Aufbringen einer Flüssigkeit, insbesondere durch Besprühen, auf den Strang, insbesondere auf die Ziehzwiebel. Durch die der aushärtbaren Flüssigkeit entzogene Verdampfungsenthalpie der aufgebrachten Flüssigkeit wird der aushärtbaren Flüssigkeit Wärme entzogen und damit eine stärkere Kühlung des Stranges möglich.

Um die erfindungsgemäße Vorrichtung und insbesondere den Verdrängungskörper vor Schäden durch hohe Temperaturen zu schützen, sieht die Erfindung vorteilhafte Weise vor, dass die Vorrichtung und insbesondere der Verdrängungskörper ein temperaturbeständiges Material umfasst. Die Temperaturbeständigkeit kann auf einfache Weise dadurch realisiert werden, dass der Verdrängungskörper zumindest ein hochschmelzendes Metall und/oder ein Edelmetall, insbesondere Platin, und/oder zumindest ein Refraktärmetall und/oder zumindest eine Legierung derselben und/oder Keramik umfasst.

Für die Herstellung von Rohren umfasst die erfindungsgemäße Vorrichtung des Weiteren eine Einrichtung zum Erzeugen einer Druckdifferenz zwischen dem Innenraum und dem Außenraum des Stranges. Damit bietet die Erfindung vorteilhafte Weise die

Möglichkeit, mit Hilfe einer Druckdifferenz zwischen dem Innen- und dem Außenraum des Stranges einen weiteren Prozessparameter zur Verfügung zu stellen, mit welchem der Innendurchmesser, die Wandstärke und der Außendurchmesser des Rohres beeinflusst werden können.

Des Weiteren sieht die Erfindung vor, eine Einrichtung zum Einstellen und/oder Steuern und/oder Regeln des Druckes im Innenraum und/oder des Druckes im Außenraum des Stranges zur Verfügung zu stellen. So kann vorteilhafterweise die Druckdifferenz variabel an unterschiedliche Anforderungen angepasst und insbesondere auch während des Betriebes verändert werden.

Die erfindungsgemäße Lösung stellt erstmals ein Verfahren zum Fertigen von Rohren zur Verfügung, welches die Schritte des Bereitstellens einer aushärtbaren Flüssigkeit, insbesondere einer Schmelze und des Herstellens eines Stranges durch Abziehen aus einer Düse in einer Abziehrichtung umfasst, wobei insbesondere durch Anordnen zumindest eines Verdrängungskörpers in der Düse derart, dass er den Strömungswiderstand in der Düse erhöht und in Abziehrichtung aus der Düse herausragt, höhere Temperaturen in der Düse erzielt werden können als ohne Verdrängungskörper, die insbesondere oberhalb der kritischen Kristallisationstemperaturen liegen und gleichzeitig am Ende des Verdrängungskörpers die Viskosität der Flüssigkeit ausreichend hoch ist, sodass die für einen stabilen Prozess benötigte Zugkraft aufgefangen werden kann.

Während der Verweilzeit des Stranges im Bereich des aus der Düse herausragenden Teils des Verdrängungskörpers kann die Temperatur der Flüssigkeit gezielt erniedrigt werden. Diese Verweilzeit kann bei bekannten Prozess- und Materialparametern durch Veränderung der Geometrie des

Verdrängungskörpers variiert werden. Damit ist, wie oben beschrieben, die Möglichkeit gegeben, im Bereich der Dreiphasengrenzlinie die Temperatur hoch und die Viskosität niedrig zu halten und dennoch genügend Zeit für eine 5 nachfolgende Kühlung zur Verfügung zu haben, um im Bereich des Ablösen des Stranges von der Vorrichtung die Temperatur niedriger und die Viskosität daher höher zu wählen.

Für das erfindungsgemäße Verfahren ist vorteilhafterweise des 10 Weiteren vorgesehen, dass die Abmessungen des Verdrängungskörpers und der Düse in einer Ebene senkrecht zu ihren Längsachsen derart aufeinander abgestimmt werden, dass der Strömungswiderstand des Spalts zwischen Düse und 15 Verdrängungskörper bei der gegebenen Viskosität der aushärtbaren Flüssigkeit einen vorbestimmten Durchsatz erlaubt.

Der Durchmesser des Verdrängungskörpers und der Düse können insbesondere derart aufeinander abgestimmt, dass der 20 Strömungswiderstand des aus Düse und Verdrängungskörper gebildeten Ringspalts bei der oberhalb der Entglasungsgrenze liegenden Temperatur und der dadurch sich einstellenden 25 Viskosität einen Fließdurchsatz erlaubt, der genau dem Produktionsdurchsatz des Verfahrens entspricht. Vorzugsweise kann der Ringspalt durch Verstellen des Verdrängungskörpers variiert werden, um den Durchsatz an die 30 Produktionsanforderungen anzupassen

Für das Verfahren sieht die Erfindung des Weiteren vor, dass 35 die Position des Verdrängungskörpers senkrecht zur und in Ziehrichtung eingestellt wird. Dadurch ermöglicht die Erfindung auf einfache Weise, bei ansonsten unveränderter Geometrie der verwendeten Anlage, Korrekturen vorzunehmen und insbesondere Einfluss auf die Verweilzeit der Flüssigkeit auf dem aus der Düse herausragenden Teil des Verdrängungskörpers

zu nehmen, wodurch zusammen mit den in diesem Bereich herrschenden Umgebungstemperaturen die Temperaturdifferenz, die sich zwischen dem Bereich des Ringspaltes am unteren Ende der Düse und dem Bereich des Ablösens des Strangs vom unteren Ende des Verdrängungskörpers einstellt, beeinflusst werden kann.

In einer vorteilhaften Weiterbildung des Verfahrens wird durch das Positionieren des Verdrängungskörpers die Länge des aus der Düse herausragenden Teils des Verdrängungskörpers so eingestellt, dass die aushärtbare Flüssigkeit am aus der Düse herausragenden Ende des Verdrängungskörpers, eine Viskosität aufweist, die ausreichend hoch ist, um den gesamten Strang unter Zugspannung und somit stabil zu halten.

Im Rahmen des Verfahrens können zudem die Temperatur des Außenmantels und/oder des Verdrängungskörpers eingestellt und/oder gesteuert und/oder geregelt werden. Damit bietet die Erfindung die Möglichkeit, die Temperatur und damit beispielsweise die Viskosität der aushärtbaren Flüssigkeit zu beeinflussen. Zum Realisieren des Temperierens des Außenmantels und/oder des Verdrängungskörpers kann insbesondere eine Muffel verwendet werden. Bevorzugt enthält diese Muffel mindestens zwei Segmente in Umfangs- oder Ziehrichtung, deren Temperaturen getrennt eingestellt werden können.

Besonders vorteilhaft ist es, wenn die Temperatur der aushärtbaren Flüssigkeit im Verlauf des Verfahrens zeitlich und auch örtlich variiert werden kann. Dann kann das Temperaturprofil der aushärtbaren Flüssigkeit und/oder des Stranges im Hinblick auf eine Abkühl- beziehungsweise Aufheizkinetik vorgegeben werden.

Die Erfindung sieht vorteilhafterweise des Weiteren vor, dass die Temperaturumgebung des Stranges so eingestellt wird, dass die aushärtbare Flüssigkeit am unteren Ende des Verdrängungskörpers, eine, insbesondere über den Querschnitt 5 gemittelte, Viskosität aufweist, die ausreichend hoch ist, um den gesamten Strang unter Zugspannung und somit stabil zu halten.

Beispielsweise kann mit der temperaturabhängigen Viskosität 10 gemäß der Vogel-Fulcher-Tamann-Gleichung die Auslegung der erfindungsgemäßen Vorrichtung erfolgen.

Die am unteren Ende des Verdrängungskörpers herrschenden Temperaturen können unterhalb der Entglasungsgrenze liegen. Bei Vorliegen einer Dreiphasengrenze wäre in diesem Fall mit 15 Kristallisation zu rechnen. Da durch die Erfindung jedoch die Position der Dreiphasengrenze nicht am unteren Ende, sondern vielmehr in einem näher am Düsenaustritt gelegenen Bereich des Verdrängungskörpers mit entsprechend höheren Temperaturen liegt, treten vorteilhafterweise dennoch, insbesondere an der 20 Oberfläche des Stranges, keine Kristalle auf.

Das Temperaturprofil kann dabei vorteilhafterweise derart gestaltet werden, dass der Förder- und Aushärtevorgang des Stranges im Hinblick auf die resultierenden 25 Produkteigenschaften optimiert werden. In dieser Hinsicht ist es besonders vorteilhaft, wenn im Rahmen des erfindungsgemäßen Verfahrens die Position zumindest eines Temperierelementes eingestellt und/oder gesteuert und/oder 30 geregelt wird.

Die Erfindung sieht vorteilhafterweise zudem vor, dass auf den Strang, insbesondere im Bereich der Ziehzwiebel, eine Flüssigkeit, insbesondere durch Besprühen, aufgebracht wird. 35 So wird eine Möglichkeit geschaffen, um eine zusätzliche

Kühlung des Stranges zu realisieren.

Um bei der Produktion von Rohren bei konstantem Durchsatz und unveränderter Anlage Einfluss auf den Innendurchmesser und/oder die Wandstärke und/oder den Außendurchmesser eines zu fertigenden Rohres nehmen zu können, bietet das erfindungsgemäße Verfahren die einfache Möglichkeit, dass eine Druckdifferenz zwischen dem Innenraum und dem Außenraum des Stranges erzeugt wird.

Um das Verfahren beispielsweise an sich ändernde Werkstoffeigenschaften anpassen zu können, sieht die Erfindung zudem vor, dass der Druck im Innenraum und/oder im Außenraum des Rohres eingestellt und/oder gesteuert und/oder geregelt wird.

Gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren kann zudem vorteilhafterweise der Durchsatz der aushärtbaren Flüssigkeit eingestellt und/oder gesteuert und/oder geregelt werden. Je nachdem, wie das erfindungsgemäße Verfahren im Rahmen des jeweiligen konkreten Prozesses durchgeführt wird, kann somit über den zusätzlichen unabhängigen Prozessparameter des Durchsatzes Einfluss auf die Produktionsgeschwindigkeit genommen werden.

Insbesondere kann als aushärtbare Flüssigkeit eine Glasschmelze eingesetzt werden. Ebenso können Glasschmelzen verarbeitet werden, die mit dem erfindungsgemäßen Verfahren als amorphe Stäbe oder Rohre erhalten werden, anschließend jedoch, beispielsweise mittels einer Temperaturbehandlung, durch gezielte Volumenkristallisation in eine Glaskeramik umgewandelt werden.

Mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung und/oder dem erfindungsgemäßen Verfahren wird es erstmals möglich, ein

Rohr oder einen Stab aus einem Material, beispielsweise Glas, herzustellen, welches üblicherweise bei der Herstellung kristallisiert würde, jedoch mit Hilfe der Erfindung im Wesentlichen insbesondere an der Oberfläche
5 kristallisationsfrei ist und im Wesentlichen keine Unebenheiten an den freien Flächen aufweist.

10 Insbesondere weist die Oberfläche auf der Innenseite des Rohres und/oder die Oberfläche auf der Außenseite des Rohres oder Stabes eine feuerpolierte Qualität auf.

15 Die Erfindung betrifft des Weiteren einen Glaskeramik-Stab oder ein Glaskeramik-Rohr, wobei die Glaskeramik insbesondere Zerodur umfaßt, welches aus einem Stab beziehungsweise einem Rohr hergestellt ist, der unter Verwendung der Erfindung gefertigt wurde.

20 Darüber hinaus umfasst die Erfindung eine Linse, welche aus einem Stab hergestellt ist, der unter Verwendung der Erfindung gefertigt wurde.

25 Außerdem betrifft die Erfindung eine Faser, insbesondere eine optische Faser, welche aus einem unter Verwendung der Erfindung gefertigten Stab und/oder einem Rohr hergestellt ist,

30 Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen beschrieben. Dieselben Bauteile werden auf allen Zeichnungen mit denselben Bezugszeichen gekennzeichnet.

Es zeigen:

- Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Längsschnittes durch eine Vorrichtung zum freien Strangziehen gemäß dem Stand der Technik,
- 5 Fig. 2 eine schematische Darstellung eines Längsschnittes durch eine zweite Vorrichtung zum Strangziehen gemäß dem Stand der Technik,
- 10 Fig. 3a eine schematische Darstellung eines Längsschnittes durch die erfindungsgemäße Vorrichtung gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel,
- 15 Fig. 3b eine schematische Darstellung eines Längsschnittes durch die erfindungsgemäße Vorrichtung gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel,
- 20 Fig. 4a eine schematische Darstellung eines Längsschnittes der erfindungsgemäßen Vorrichtung gemäß einem dritten Ausführungsbeispiel,
- 25 Fig. 4b eine schematische Darstellung eines Längsschnittes der erfindungsgemäßen Vorrichtung gemäß einem vierten Ausführungsbeispiel,
- 30 Fig. 4c eine schematische Darstellung eines Längsschnittes der erfindungsgemäßen Vorrichtung gemäß einem fünften Ausführungsbeispiel,
- Fig. 5 eine schematische Darstellung eines Querschnittes in der Ebene X-X der in Fig. 4a dargestellten Vorrichtung gemäß dem dritten Ausführungsbeispiel,

25 In Figur 1 ist eine Vorrichtung mit einer Düse 10 dargestellt, mit welcher ein bekanntes Verfahren zum Herstellen von Stäben durchgeführt werden kann. Die Düse 10 umfaßt einen Außenmantel 12. In der Düse befindet sich eine 30 aushärtbare Flüssigkeit 35. Gemäß dem Stand der Technik wird ein Stab ohne Form "frei", also ohne Kontakt zu einer Form, in Gestalt eines Stranges 3 aus einer Düse 10 gezogen.

35 In Figur 2 ist eine weitere Vorrichtung zum Strangziehen gemäß dem Stand der Technik gezeigt. Auch sie umfaßt eine

Düse 10 mit einem Außenmantel 12. Die abgebildete Anordnung entspricht einem Down-Draw-Verfahren. In der Düse 10 ist eine Nadel 15 angeordnet. Die Nadel 15 ist bündig mit der Unterkante der Düse 10 eingesetzt. Sie erhöht den Strömungswiderstand in der Düse 10, so dass geringfügig höhere Temperaturen an der Unterkante der Düse möglich sind.

Da jedoch auch bei Verwendung dieser Anordnung der Bereich der Dreiphasengrenze 40 und der Bereich des Ablösens 42 des Stranges von der Düse miteinander gekoppelt sind, können Kristalle auftreten, so dass die Produktion unterbrochen werden muss.

Bei den bekannten Verfahren ist insbesondere eine vergleichsweise hohe Viskosität notwendig, um ein zu schnelles Abfließen des Stranges 3 unter seinem Eigengewicht verhindert. Das bedeutet, dass die Temperatur in dem Bereich 42, in dem das Ablösen des Stranges 3 von der Düse 10 erfolgt, entsprechend niedrig sein muß. Mit abnehmender Temperatur steigt jedoch die Entglasungsneigung der aushärtbaren Flüssigkeit 35, sie beginnt zu kristallisieren. Die Kristallisation findet bevorzugt an der Dreiphasengrenzfläche 40 statt. Der Bereich des Ablösens 42 und die Dreiphasengrenzfläche 40 sind jedoch nach dem Stand der Technik miteinander gekoppelt.

In Figur 3a ist eine erste Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung mit einer Düse 10, zumindest einem Verdrängungskörper 16 und einem Strang 3, welcher einen Stab bildet, gezeigt. Die Düse 10 umfasst einen Außenmantel 12 sowie einen Verdrängungskörper 16.

Im Unterschied zum Stand der Technik ragt der Verdrängungskörper 16, weit aus der Düse 10 heraus. Der Verdrängerkörper 16 ist in der Darstellung in Fig. 3a mit Verbindungselementen 22 mit dem Außenmantel 12 verbunden.

Zwischen dem Außenmantel 12 und dem Verdrängungskörper 16 befindet sich in der Düse 10 die aushärtbare Flüssigkeit 35. Am Austritt der Düse 10 verlässt die aushärtbare Flüssigkeit 35 die Düse, so dass ein Strang 3 entsteht, der in einer Abziehrichtung 4 abgezogen wird.

Durch die Verwendung des Verdrängungskörpers 16 wird der Bereich des Ablösens 42 des Stranges 3 von der Dreiphasengrenze 40 entkoppelt. Dadurch kann im Bereich der Dreiphasengrenze 40 eine Temperatur eingestellt werden, bei welcher die Kristallisation der aushärtbaren Flüssigkeit 35, insbesondere auf der Oberfläche des Stranges 3, zuverlässig vermieden werden.

Während der Verweilzeit der aushärtbaren Flüssigkeit 35 auf dem Bereich des Verdrängungskörpers 16, welcher aus der Düse 10 herausragt, bietet sich durch die erfindungsgemäße Anordnung jedoch die Möglichkeit, die aushärtbare Flüssigkeit 35 soweit abzukühlen, dass sie bei Erreichen des Bereiches 42 der Ablösung eine ausreichend niedrige Temperatur hat, so dass ein stabiles Abziehen möglich ist.

In Fig. 3b ist eine zweite Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung dargestellt. Diese Ausführungsform unterscheidet sich von Fig. 3a darin, dass der Verdrängungskörper 16 nicht am Außenmantel 12 der Düse fixiert ist, sondern über eine Halterung 23 horizontal und vertikal innerhalb der Düse 10 verstellt werden kann. Dadurch können noch im laufenden Prozess Anpassungen durchgeführt werden.

In Fig. 4a ist eine dritte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung mit einer Düse 10, einem als offener Hohlkörper ausgebildeten Verdrängungskörper 25 und

einem Strang 3, welcher ein Rohr bildet, gezeigt. Die Düse 10 umfasst einen Außenmantel 12 und eine Nadel 15. Zwischen dem Außenmantel 12 und der Nadel 15 befindet sich in der Düse 10 die aushärtbare Flüssigkeit 35. Am Austritt der Düse 10 verlässt die aushärtbare Flüssigkeit 35 die Düse als hohler Strang 3, so dass ein Rohr entsteht, welches in einer Abziehrichtung 4 abgezogen wird.

Der Verdrängungskörper 25 umfasst gemäß der dritten Ausführungsform einen zylindrischen Hohlkörper, welcher zwischen dem Außenmantel 12 und der Nadel 15 mit der Düse 10 verbunden ist. Der Verdrängungskörper 25 ist in der Darstellung in Fig. 4a mit Verbindungselementen 22 mit dem Außenmantel 12 verbunden. Wie in Fig. 4b dargestellt, kann der Verdrängungskörper 25 jedoch auch mit der Nadel 15 verbunden sein. Ebenso ist es möglich, den Verdrängungskörper 25, wie in Fig. 4c dargestellt, über eine Halterung 23', unabhängig von Außenmantel und Nadel zu halten. Dadurch ist eine horizontale und vertikale Verschiebung des Verdrängungskörpers und somit eine Anpassung während des laufenden Prozesses möglich. Die Halterung 23' ist in Umfangsrichtung unterbrochen, sodass die aushärtbare Flüssigkeit auch in den Raum zwischen der Halterung 23' und der Nadel 15 eindringen kann.

Zwischen dem Innenraum 31 und dem Außenraum 32 des hohlen Stranges 3 kann eine Druckdifferenz eingestellt werden. Über die Druckdifferenz zwischen dem Innenraum 31 und dem Außenraum 32 kann beispielsweise die Wandstärke des hohlen Stranges 3 beeinflusst werden.

Durch die Verwendung des Verdrängungskörpers (25) wird der Bereich des Ablösens 42 des hohlen Stranges 3 von der Dreiphasengrenzfläche 40 entkoppelt. Wie oben für die erste Ausführungsform der Erfindung zum Fertigen eines Stabes

erläutert, kann dadurch im Bereich der Dreiphasengrenzfläche 40 eine Temperatur eingestellt werden, bei welcher die Kristallisation der aushärtbaren Flüssigkeit 35, insbesondere auf der inneren und/oder äußeren Oberfläche des Stranges 3,
5 zuverlässig vermieden werden.

Während der Verweilzeit der aushärtbaren Flüssigkeit 35 auf den Oberflächen des Verdrängungskörpers 25, welcher aus der Düse 10 herausragt, bietet sich durch die erfindungsgemäße
10 Anordnung jedoch die Möglichkeit, die aushärtbare Flüssigkeit 35 soweit abzukühlen, dass sie bei Erreichen des Bereiches 42 der Ablösung eine ausreichend niedrige Temperatur hat, so dass ein stabiles Abziehen möglich ist.

15 In Fig. 5 wird beispielhaft dargestellt, wie der als Hohlkörper ausgebildete Verdrängungskörper 25 in der erfindungsgemäßen Vorrichtung gemäß der dritten Ausführungsform angeordnet sein kann. Im Außenmantel 12 ist über mehrere Verbindungselemente 22 der Verdrängungskörper 25
20 montiert. Koaxial zum Außenmantel 12 ist die Nadel 15 angeordnet. Zwischen dem Außenmantel 12 und dem Verdrängungskörper 25 sowie dem Verdrängungskörper 25 und der Nadel 15 befindet sich die aushärtbare Flüssigkeit 35.

25 Beispielsweise kann eine erfinderische Vorrichtung für ein gegebenes Glas folgendermaßen ausgelegt werden. Betrachtet wird ein Beispielglas mit folgende Eigenschaften:

Die Temperaturabhängigkeit der Viskosität η (in dPa·s) lässt
30 sich nach der Gleichung von Vogel-Fulcher-Tamman mit den Parametern A, B und T_0 beschreiben. Es gilt

$$\log \eta = A + B / (T - T_0),$$

wobei $A = -4,16$; $B = 5156 \text{ K}$ und $T_0 = 263 \text{ K}$.

Die obere Entglasungsgrenze liegt bei 1010°C . Die Dichte des Glases beträgt 3400 kg/m^3 . Die Oberflächenspannung beträgt
5 $0,3 \text{ N/m}$. Die aktive Wärmeleitfähigkeit innerhalb des Glases beträgt 3 W/(mK) . Die spezifische Wärmekapazität des Glases beträgt 1000 J/(kg K) .

Für die beispielhafte Auslegung wird angenommen, dass sich unterhalb der Düse eine Muffel anschließt, in der eine Temperatur von konstant 500°C herrscht. Der Produktionsdurchsatz des Verfahrens soll 72 kg pro Stunde betragen.

15 Für einen stabilen, ohne durch Kristallisation unterbrochenen Produktionsbetrieb wird gefordert, dass die kälteste Stelle, an der eine Dreiphasengrenze auftritt, bei mindestens 1020°C und damit oberhalb der Entglasungsgrenze gehalten werden soll.

20 Unter Verwendung einer gängigen mathematischen Simulationssoftware zur Berechnung von Strömungsvorgängen ist es möglich, geeignete geometrische Dimensionen für die Auslaufdüse, und den Verdrängungskörper zu bestimmen.

25 Auslaufdüse und Verdrängungskörper haben im betrachteten Beispiel einen Kreisquerschnitt. Neben dessen Abmessungen wird auch die Länge des Verdrängungskörpers bestimmt.

30 Die Dimensionen werden so festgelegt, dass das Glas bei der Strömung entlang des Verdrängungskörpers bis auf eine für stabiles Freiziehen ausreichend niedrige Temperatur abkühlt.

35 So ergibt sich zum Beispiel ein Düsendurchmesser von 160 mm , ein Durchmesser des Verdrängungskörpers von 140 mm , und eine unterhalb der Düse herausragende Länge des

Verdrängungskörpers von 170 mm, von denen 100 mm als zylindrischer Teil und 70 mm als kegeliger Teil ausgebildet sind. Dadurch erhält die aus der Düse herausragende Begrenzung des Verdrängungskörpers eine Spitze.

5

Mit einer derartig dimensionierten Vorrichtung kann erreicht werden, dass Glas mit dem gewünschten Produktionsdurchsatz bei der oberhalb der Entglasungstemperatur liegenden Temperatur durch den aus Düse und Verdrängungskörper gebildeten Ringspalt austritt. Beim Herabfließen auf der Außenfläche des unteren Teils des Verdrängungskörpers kühlt das Glas ab. Am Ende des Verdrängungskörpers besitzt das Glas dann eine ausreichend hohe Viskosität, um beim gewünschten Produktionsdurchsatz stabil abgezogen werden zu können, ohne bereits durch das Eigengewicht schneller abzufließen als es der Ziehgeschwindigkeit entspricht.

10

15

Patentansprüche:

1. Vorrichtung zum Herstellen von Strängen (3) durch Abziehen von zumindest einer aushärtbaren Flüssigkeit (35), insbesondere einer Schmelze, aus einer Düse in einer Abziehrichtung (4), gekennzeichnet durch zumindest einen Verdrängungskörper (16, 25), welcher derart in der Düse angeordnet werden kann, dass er in Abziehrichtung (4) aus der Düse herausragt.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Verdrängungskörper in axialer Richtung um zumindest die Hälfte der kürzesten Abmessung seines Querschnitts aus der Düse herausragt.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die außerhalb der Düse angeordnete Begrenzung des Verdrängungskörpers (16, 25) in einer Spitze oder Kante endet.
4. Vorrichtung nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Düse einen Außenmantel (12) umfasst, dessen mit dem Strang (3) in Kontakt stehende Begrenzung derart ausgebildet ist, dass die Ablösung des Stranges von der Düse in axialer Richtung im wesentlichen an einer definierten Abrißkante erfolgt.
5. Vorrichtung nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die mit dem Strang (3) in Kontakt stehende Begrenzung des Außenmantels (12) der Düse (10) ein Material aufweist, das von der aushärtbaren Flüssigkeit schlecht, bevorzugt nicht benetzt wird.
6. Vorrichtung nach einem der vorangegangenen Ansprüche,

gekennzeichnet durch Verbindungselemente (22) zum
Verbinden des Verdrängungskörpers (16, 25) mit der Düse.

7. Vorrichtung nach einem der vorangegangenen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass der Verdrängungskörper (16,
25) in horizontaler und/oder vertikaler Richtung
bezüglich der Düse verschiebbar über eine Halterung (23,
23') gehalten werden kann.

10 8. Vorrichtung nach einem der vorangegangenen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass der Verdrängungskörper (16)
gegenüber der umgebenden aushärtbaren Flüssigkeit
abgeschlossen ist und innerhalb des Außenmantels (12) der
Düse angeordnet werden kann.

15 9. Vorrichtung nach einem der vorangegangenen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass der Verdrängungskörper (25)
einen gegenüber der umgebenden aushärtbaren Flüssigkeit
offenen Hohlkörper umfasst, welcher zwischen dem
Außenmantel (12) und der Nadel (15) in der Düse
angeordnet ist werden kann.

20 10. Vorrichtung nach einem der vorangegangenen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass die Düse einen zylindrischen
Außenmantel (12) aufweist.

11. Vorrichtung nach einem der vorangegangenen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass der Verdrängungskörper (16,
25) und/oder die Nadel (15) zylindrisch ist.

25 12. Vorrichtung nach einem der vorangegangenen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass der Verdrängungskörper (16,
25) koaxial zu der Düse angeordnet ist.

13. Vorrichtung nach einem der vorangegangenen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass die Abmessungen des
Verdrängungskörpers und der Düse in einer Ebene senkrecht
30

zu ihren Längsachsen derart aufeinander abgestimmt sind,
dass der Strömungswiderstand des Spalts zwischen Düse
(10) und/oder Nadel (15) und Verdrängungskörper bei der
gegebenen Viskosität der aushärtbaren Flüssigkeit einen
vorbestimmten Durchsatz erlaubt.

5

14. Vorrichtung nach einem der vorangegangenen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass der Verdrängungskörper (16,
25) derart ausgebildet ist, dass seine Abmessungen in
einer Ebene senkrecht zu seiner Längsachsen nicht
konstant sind.

10

15. Vorrichtung nach einem der vorangegangenen Ansprüche,
gekennzeichnet durch eine Einrichtung zum Temperieren des
Außenmantels (12) und/oder des Verdrängungskörpers (16,
25).

15

16. Vorrichtung nach einem der vorangegangenen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass als Einrichtung zum
Temperieren eine Muffel unterhalb der Düse angeordnet
werden kann.

20

17. Vorrichtung nach einem der vorangegangenen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass als Einrichtung zum
Temperieren eine Einrichtung zum direkten elektrischen
Beheizen und/oder zum insbesondere kontaktlosen
induktiven Beheizen eingesetzt werden kann.

25

18. Vorrichtung nach einem der vorangegangenen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass die Einrichtung zum
Temperieren zumindest ein Temperierelement umfasst,
dessen Position variabel einstellbar ist.

30

19. Vorrichtung nach einem der vorangegangenen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass die Einrichtung zum
Temperieren zumindest zwei voneinander unabhängige
Temperierelemente umfasst.

20. Vorrichtung nach einem der vorangegangenen Ansprüche,
gekennzeichnet durch eine Einrichtung zum Einstellen
und/oder Steuern und/oder Regeln der Temperatur des
Außenmantels (12) und/oder des Verdrängungskörpers (16,
25).
21. Vorrichtung nach einem der vorangegangenen Ansprüche,
gekennzeichnet durch eine Einrichtung zum Aufbringen
einer Flüssigkeit, insbesondere durch Besprühen, auf den
Strang (3), insbesondere auf die Ziehzwiebel (42).
22. Vorrichtung nach einem der vorangegangenen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass der Verdrängungskörper (16,
25) zumindest ein hochschmelzendes Metall und/oder
zumindest ein Edelmetall, insbesondere Platin, und/oder
zumindest ein Refraktärmetall und/oder zumindest eine
Legierung derselben und/oder Keramik umfasst.
23. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 22,
gekennzeichnet durch eine Einrichtung zum Erzeugen einer
Druckdifferenz zwischen einem Innenraum (31) und einem
Außenraum (32) des Stranges (3).
24. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 23,
gekennzeichnet durch eine Einrichtung zum Einstellen
und/oder Steuern und/oder Regeln des Druckes im Innenraum
(31) und/oder des Außenraum (32) des Stranges (3).
25. Verfahren zur Fertigung von Strängen (3), welches die
Schritte des Bereitstellens einer aushärtbaren
Flüssigkeit (35), insbesondere einer Schmelze, und
des Herstellens eines Stranges (3) durch Abziehen aus
einer Düse in einer Abziehrichtung (4) umfasst,
dadurch gekennzeichnet, dass,
in der Düse ein Verdrängungskörper (16, 25) derart
angeordnet ist, dass er in Abziehrichtung (4) aus der
Düse herausragt.

26. Verfahren nach Anspruch 25,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Abmessungen des Verdrängungskörpers (16, 25) und der
Düse (10) in einer Ebene senkrecht zu ihren Längsachsen
derart aufeinander abgestimmt werden, dass der
Strömungswiderstand des Spalts zwischen Düse (10)
und/oder Nadel (15) und Verdrängungskörper (16, 25) bei
der gegebenen Viskosität der aushärtbaren Flüssigkeit
(35) einen vorbestimmmbaren Durchsatz erlaubt.
- 10 27. Verfahren nach Anspruch 25 oder 26,
dadurch gekennzeichnet, dass die Position des
Verdrängungskörpers (16, 25) in horizontaler und/oder
vertikaler Richtung einstellbar ist.
- 15 28. Verfahren nach einem der Ansprüche 25 bis 27,
dadurch gekennzeichnet, dass durch das Positionieren des
Verdrängungskörpers (16, 25) die Länge des aus der Düse
herausragenden Teils des Verdrängungskörpers (16, 25) so
eingestellt wird, dass die aushärtbare Flüssigkeit (35)
am aus der Düse herausragenden Ende des
Verdrängungskörpers (16, 25), eine Viskosität aufweist,
die ausreichend hoch ist, sodass der gesamte Strang (3)
während des Abziehens unter Zugspannung steht.
- 20 29. Verfahren nach einem der Ansprüche 25 bis 28,
dadurch gekennzeichnet, dass die Temperatur des
Außenmantels (12) und/oder des Verdrängungskörpers (16,
25) eingestellt und/oder gesteuert und/oder geregelt
wird.
- 30 30. Verfahren nach einem der Ansprüche 25 bis 29,
dadurch gekennzeichnet, dass die Temperaturumgebung des
Stranges (3) so eingestellt wird, dass die aushärtbare
Flüssigkeit am unteren Ende des Verdrängungskörpers (16,

25), eine, insbesondere über den Querschnitt gemittelte, Viskosität aufweist, die ausreichend hoch ist, sodass der gesamte Strang (3) während des Abziehens unter Zugspannung steht.

5 31. Verfahren nach einem der Ansprüche 25 bis 30, dadurch gekennzeichnet, dass die Position zumindest eines Temperier-Elements eingestellt und/oder gesteuert und/oder geregelt wird.

10 32. Verfahren nach einem der Ansprüche 25 bis 31, dadurch gekennzeichnet, dass auf den Strang (3), insbesondere im Bereich der Ziehwiebel, eine Flüssigkeit, insbesondere durch Besprühen, aufgebracht wird.

15 33. Verfahren nach einem der Ansprüche 25 bis 32, dadurch gekennzeichnet, dass die aushärtbare Flüssigkeit (35) zu einem Stab ausgehärtet wird.

34. Verfahren nach einem der Ansprüche 25 bis 33, dadurch gekennzeichnet, dass die aushärtbare Flüssigkeit (35) zu einem Rohr ausgehärtet wird.

20 35. Verfahren nach einem der Ansprüche 25 bis 34, dadurch gekennzeichnet, dass eine Druckdifferenz zwischen einem Innenraum (31) und einem Außenraum (32) des Stranges (3) erzeugt wird.

36. Verfahren nach einem der Ansprüche 25 bis 35, dadurch gekennzeichnet, dass der Druck im Innenraum (31) und/oder des Außenraum (32) des Stranges (3) eingestellt und/oder gesteuert und/oder geregelt wird.

25 37. Verfahren nach einem der Ansprüche 25 bis 36, dadurch gekennzeichnet, dass als aushärtbare Flüssigkeit (35) eine Glasschmelze eingesetzt wird.

38. Rohr oder Stab aus einem im wesentlichen amorphen Festkörper, herstellbar in einer Vorrichtung gemäß den Ansprüchen 1 bis 24 und/oder nach einem Verfahren gemäß der Ansprüche 25 bis 37.

5 39. Rohr oder Stab nach der Anspruch 38, dadurch gekennzeichnet, dass der Festkörper ein Glas umfasst.

10 40. Rohr oder Stab nach einem der Ansprüche 38 oder 39, dadurch gekennzeichnet, dass die Oberfläche (33) auf der Innenseite des Rohres (3) und/oder die Oberfläche (37) auf der Außenseite des Rohres (3) im wesentlichen glatt ist.

15 41. Glaskeramik-Stab oder Glaskeramik-Rohr, wobei die Glaskeramik insbesondere Zerodur umfaßt, hergestellt aus einem Stab oder Rohr nach einem der Ansprüche 38 bis 40.

42. Linse, hergestellt aus einem Stab nach einem der Ansprüche 38 bis 40.

20 43. Faser, insbesondere optische Faser, hergestellt aus einem Stab und/oder einem Rohr nach einem der Ansprüche 38 bis 40.

Zusammenfassung

Um eine Möglichkeit für das Herstellen von Glasrohren oder -stäben mit konstanten Produkteigenschaften zu schaffen und eine stabile Produktion zu ermöglichen, sieht die Erfindung
5 eine Vorrichtung zum Herstellen von Rohren oder Stäben (3) durch Abziehen von zumindest einer aushärtbaren Flüssigkeit (35), insbesondere einer Schmelze, aus einer Düse in einer Abziehrichtung (4) vor, welche zumindest einen Verdrängungskörper (16, 25) umfaßt, welcher derart in der
10 Düse angeordnet werden kann, dass er in Abziehrichtung (4) aus der Düse herausragt. Des Weiteren sieht die Erfindung ein Verfahren zur Fertigung von Rohren oder Stäben (3) vor, welches die Schritte des Bereitstellens einer aushärtbaren Flüssigkeit (35), insbesondere einer Schmelze, und des
15 Herstellens eines Stranges (3) durch Abziehen aus einer Düse in einer Abziehrichtung (4) umfasst, bei welchem insbesondere durch Anordnen zumindest eines Verdrängungskörpers (16, 25) in der Düse derart, dass er in Abziehrichtung aus der Düse herausragt. Dadurch wird erreicht, dass Glas mit dem gewünschten Produktionsdurchsatz bei der oberhalb der
20 Entglasungstemperatur liegenden Temperatur durch den aus Düse und Verdrängungskörper gebildeten Ringspalt austritt, beim Herabfließen auf der Außen- und/oder Innenfläche des unteren Teils des Verdrängungskörpers abkühlt und am Ende des
25 Verdrängungskörpers eine ausreichend hohe Viskosität besitzt, um beim gewünschten Produktionsdurchsatz stabil abgezogen werden zu können, ohne bereits durch das Eigengewicht schneller abzufließen als es der Ziehgeschwindigkeit entspricht.

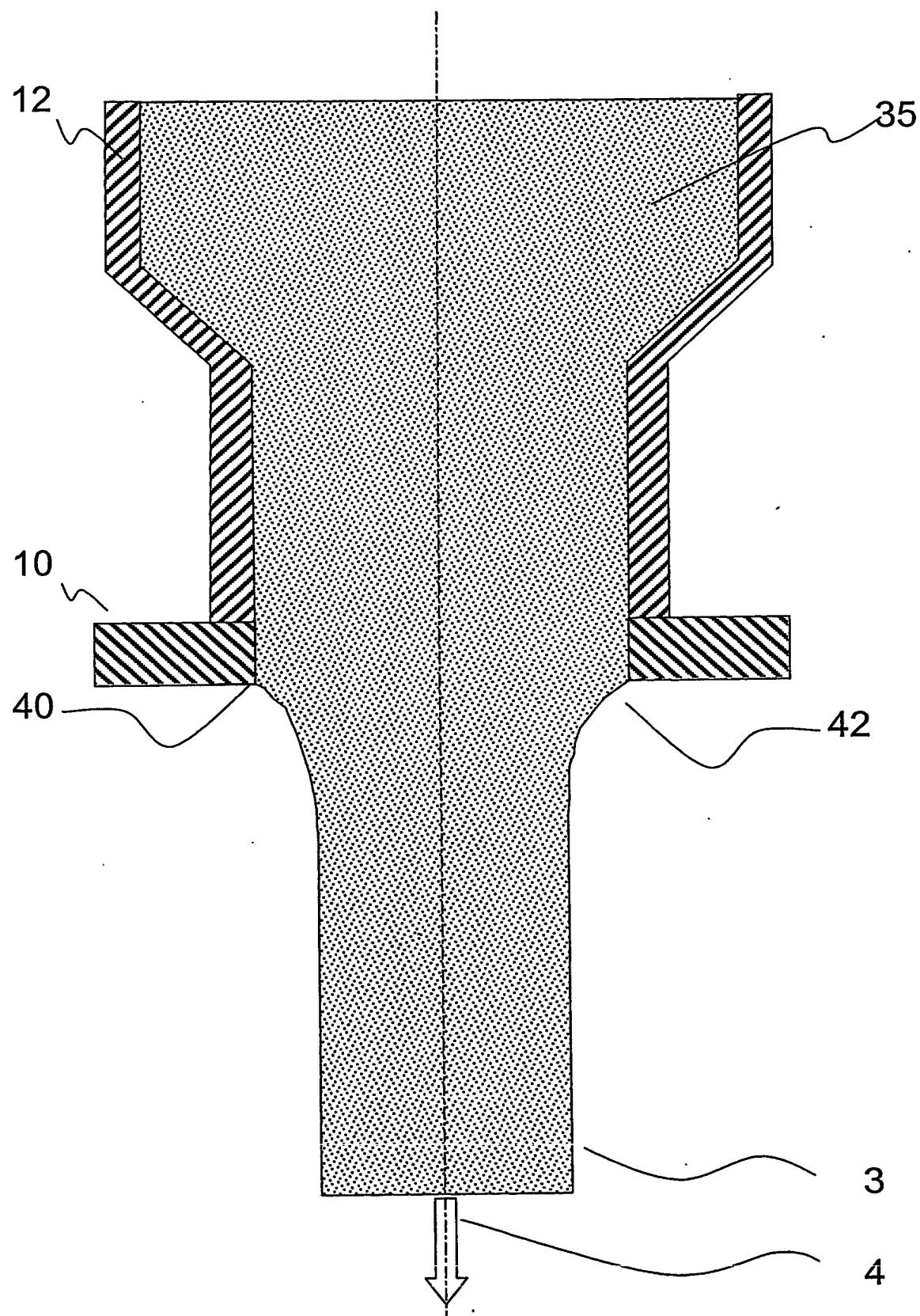


Fig. 1

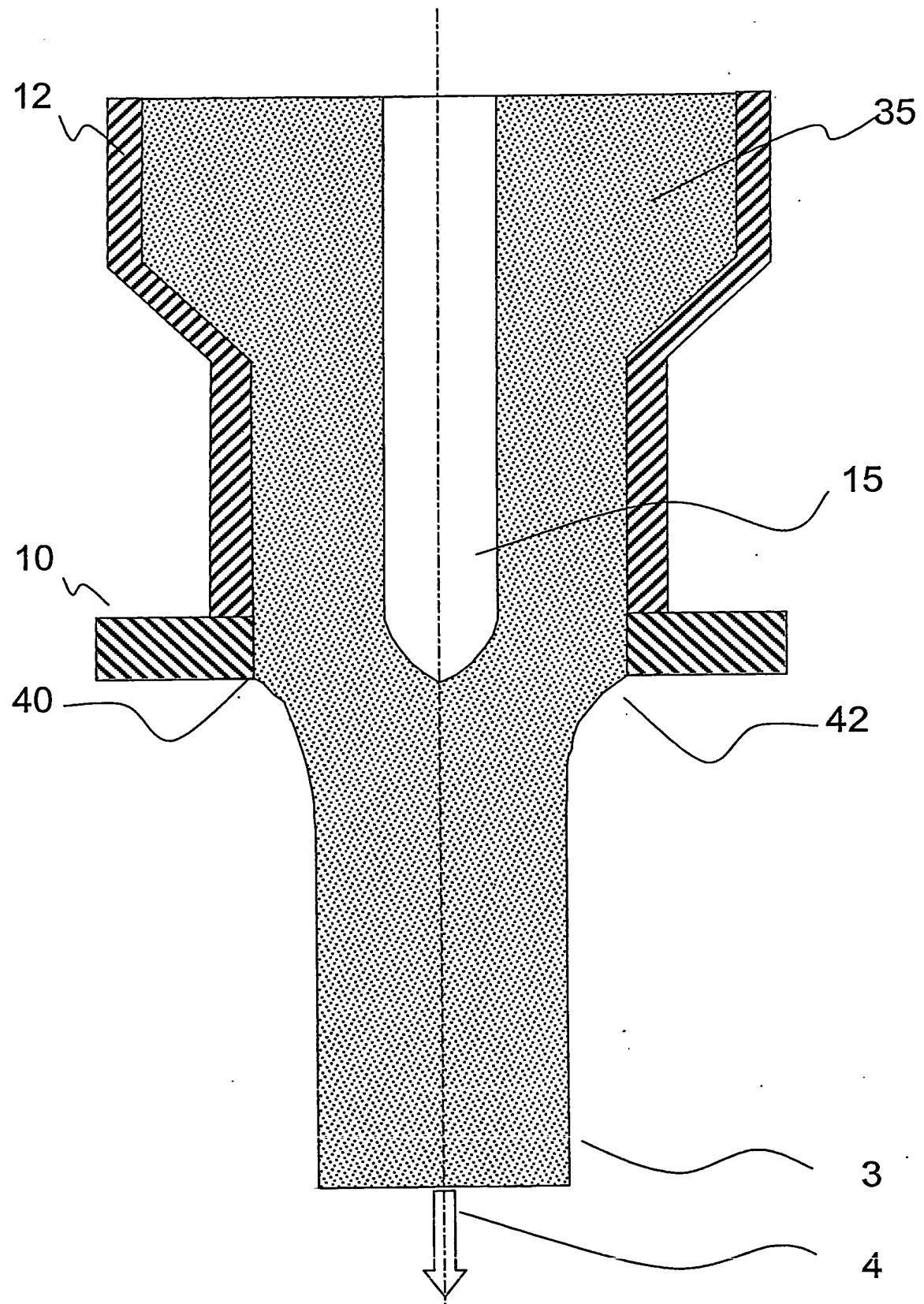


Fig. 2

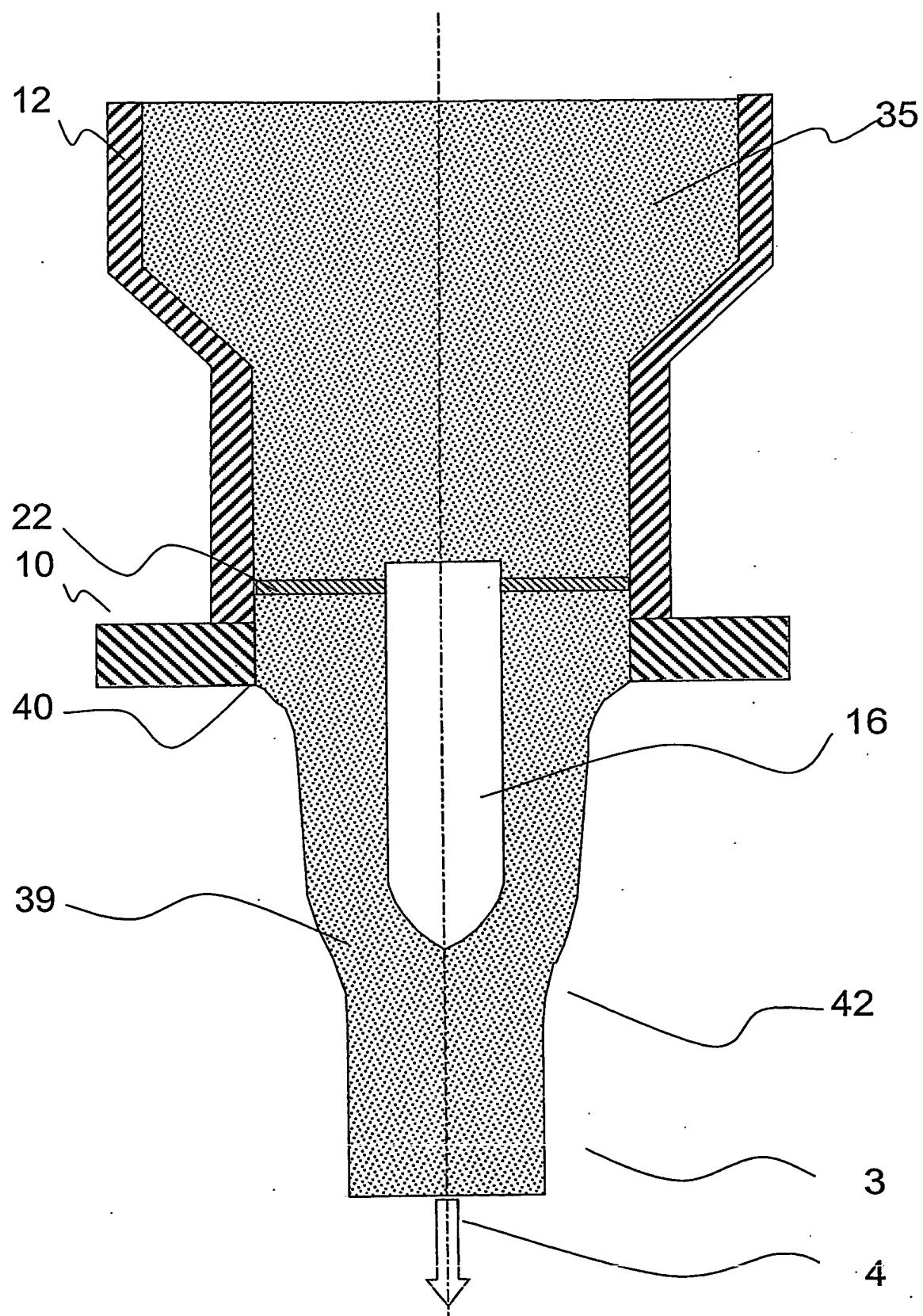


Fig. 3a

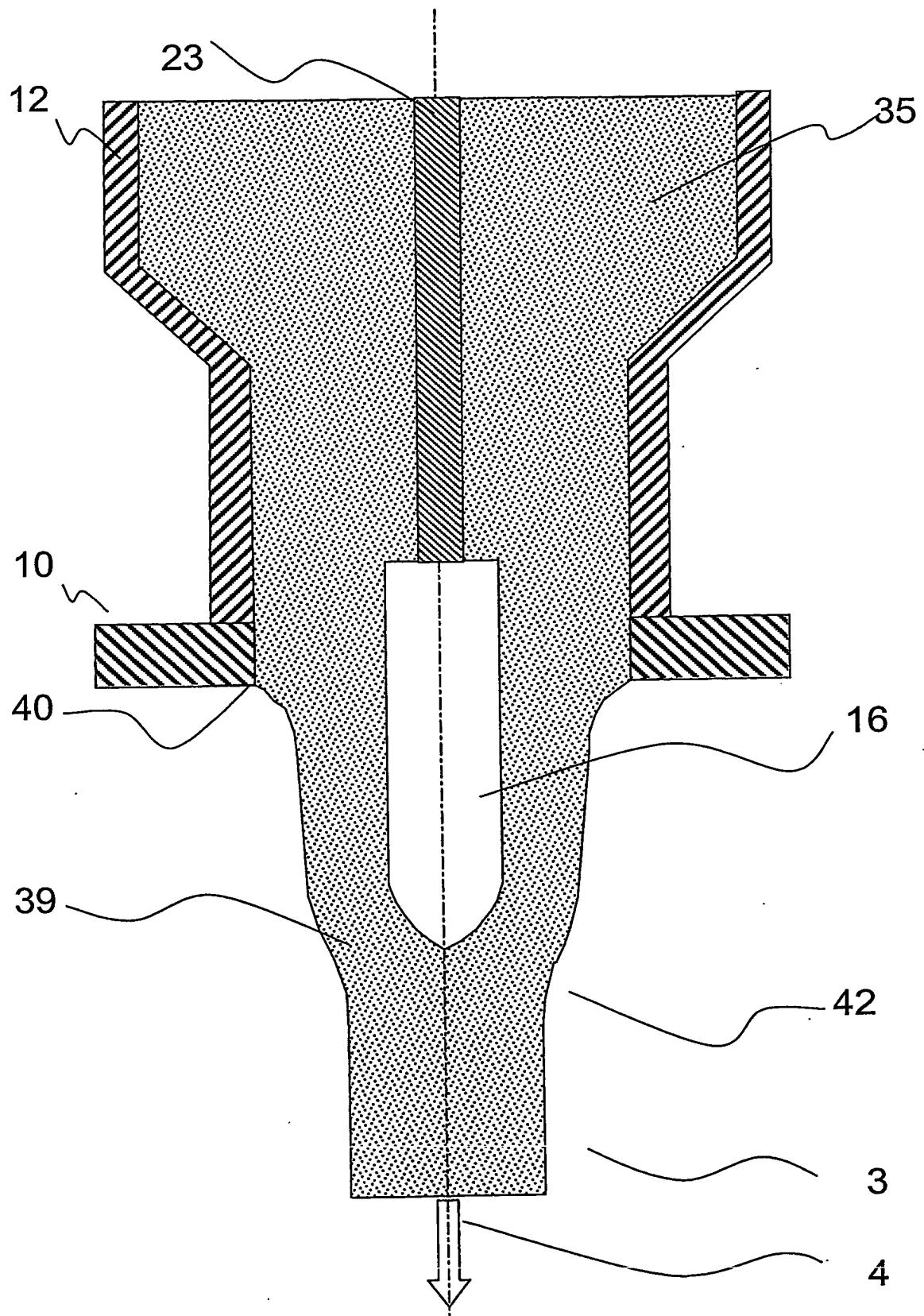


Fig. 3b

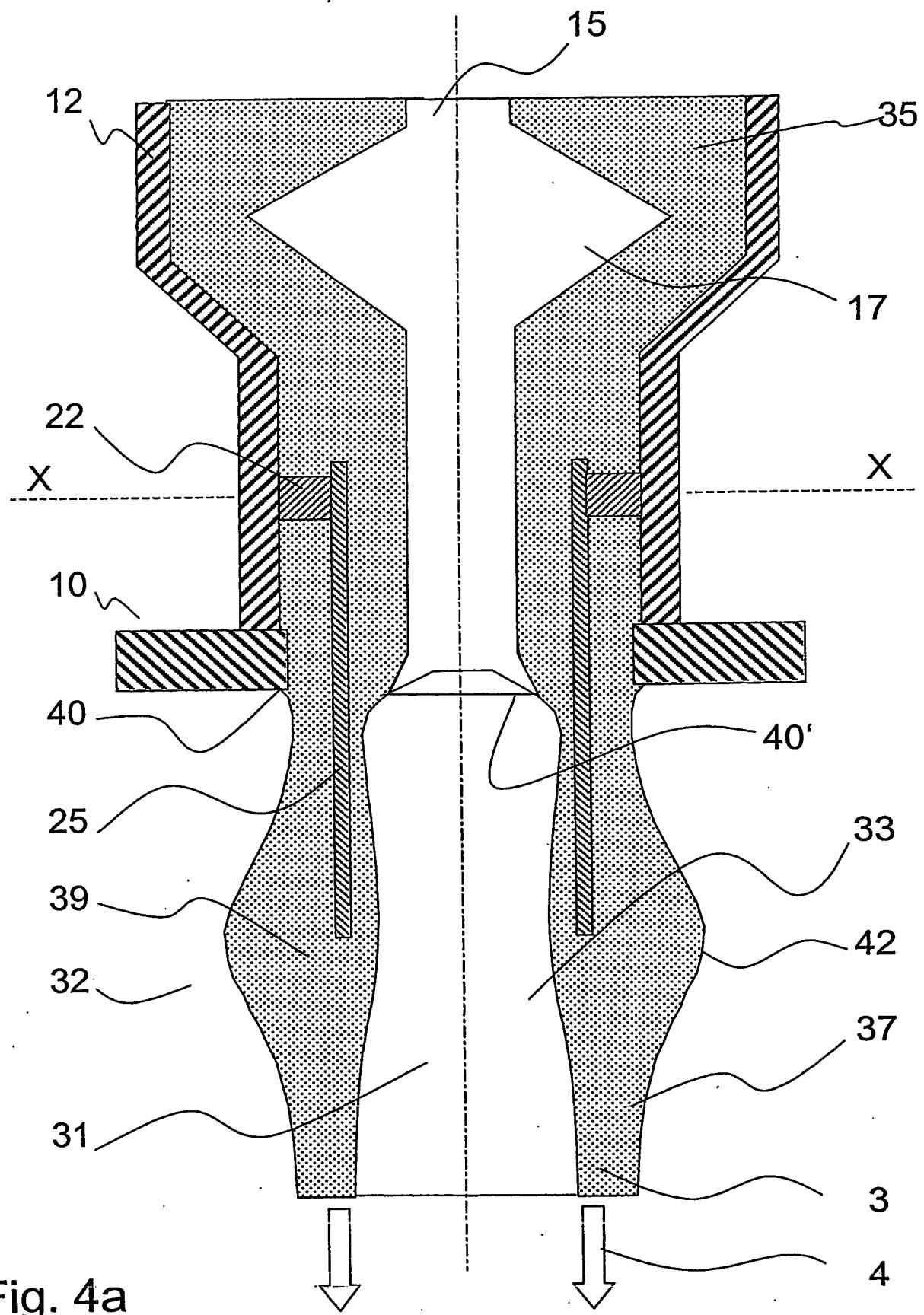


Fig. 4a

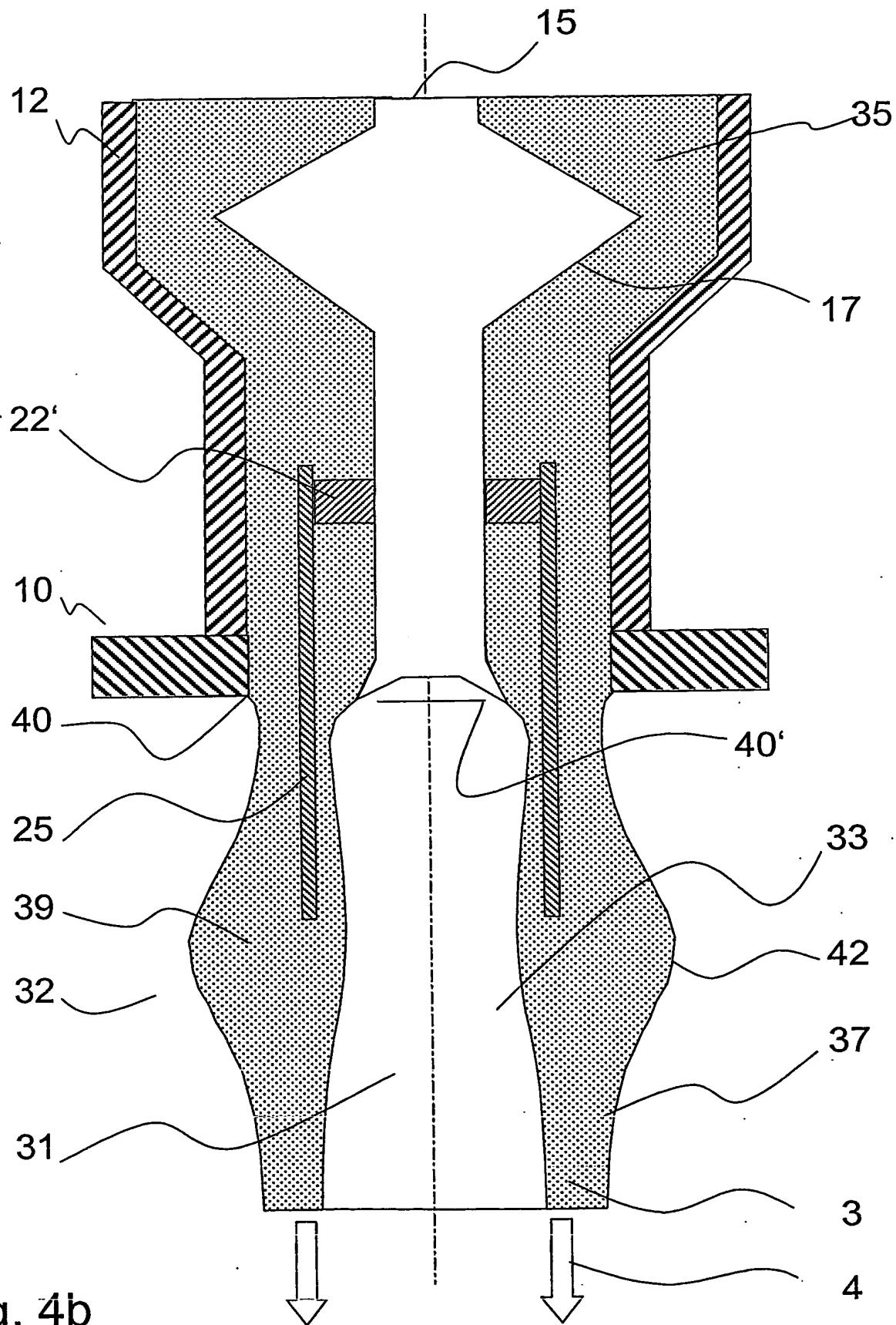


Fig. 4b

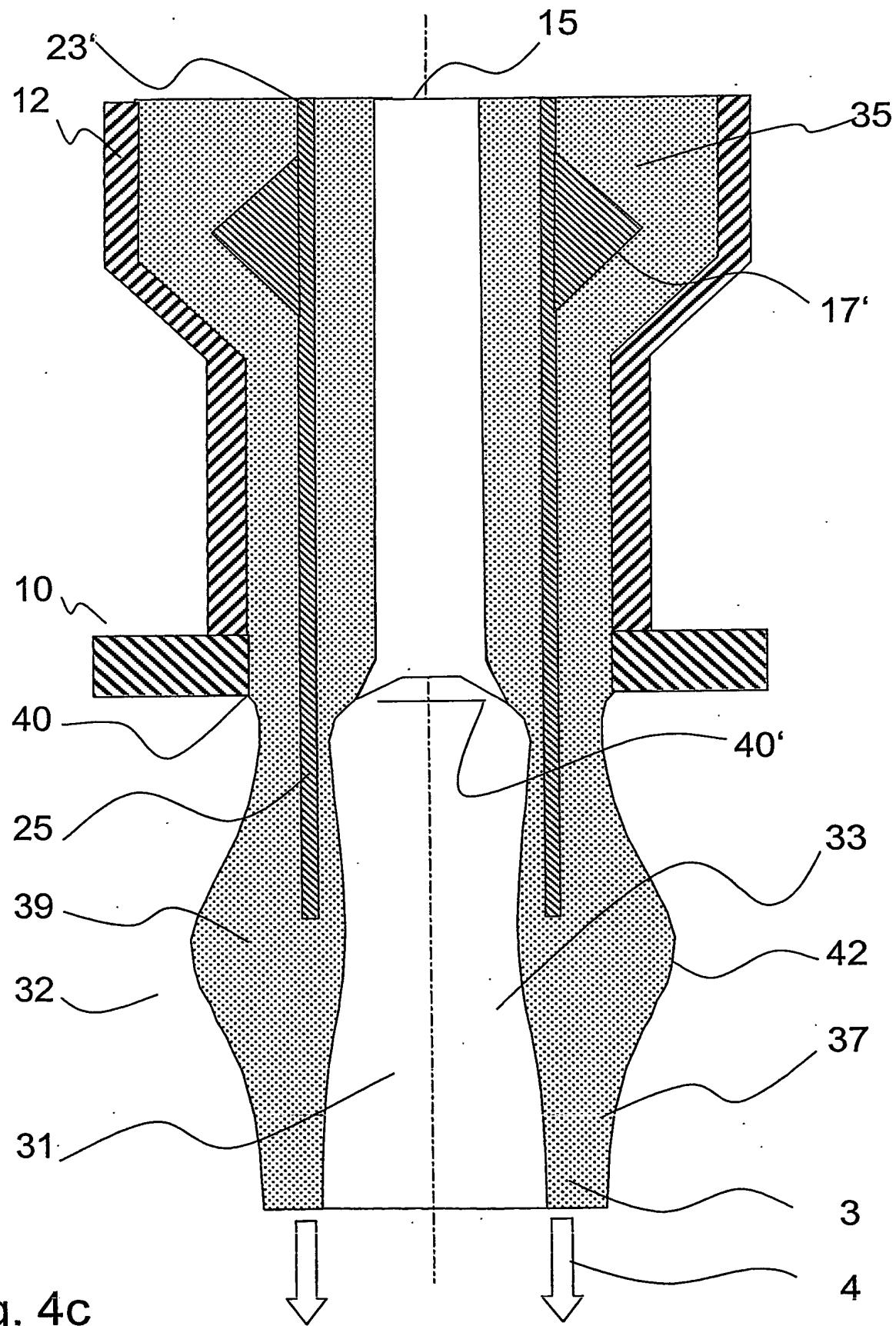


Fig. 4c

Schnitt X-X:

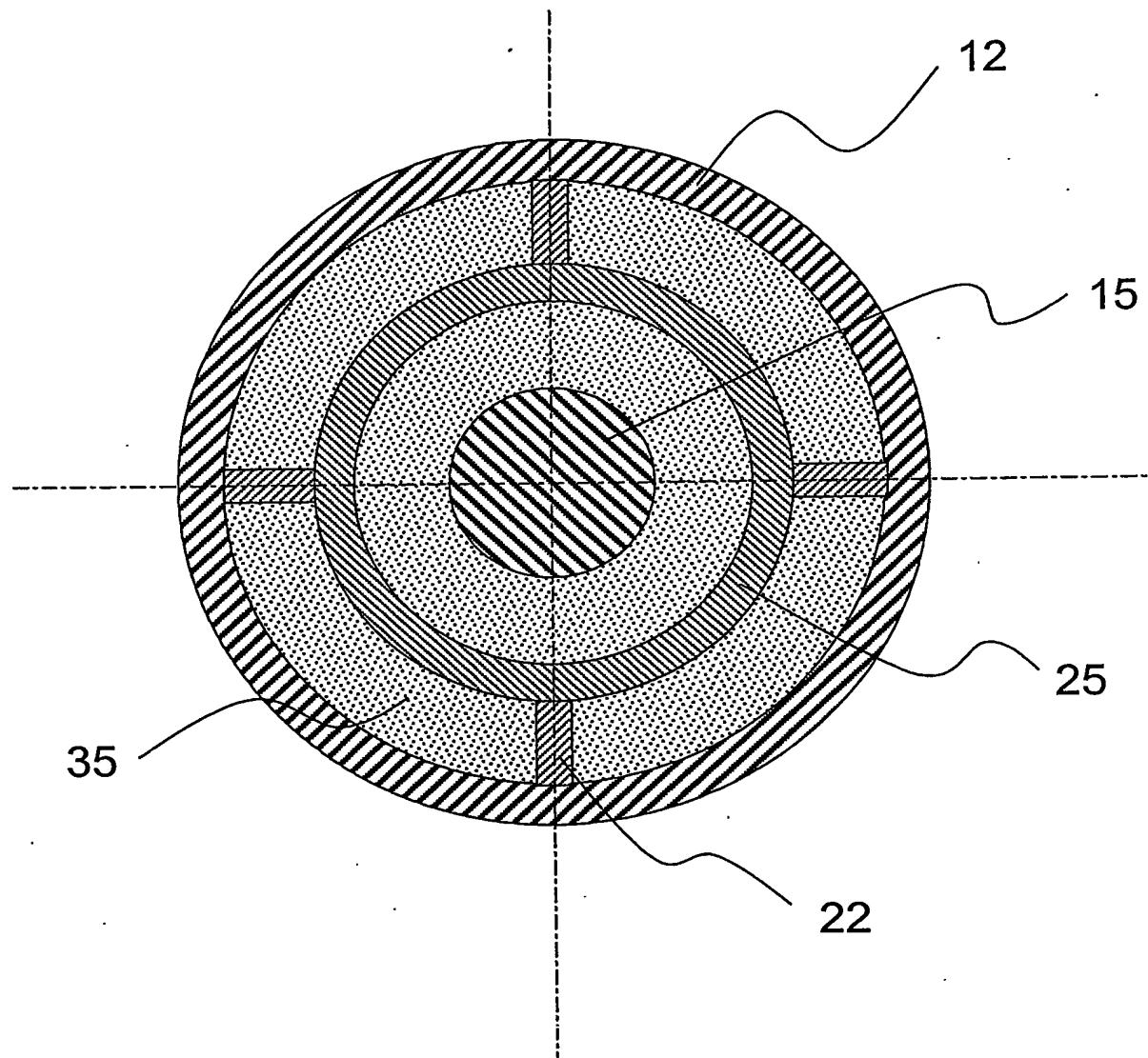


Fig. 5